المركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه
NATIONAL WATER EFFICIENCY AND CONSERVATION CENTER
MAEE
مائي

دليل إعادة استخدام المياه الرمادية

- دليل فني استرشادي -

الإصدار الأول – محرم 1445 هـ - يوليو 2023 م

الفهرس

الفهرس 2

قائمة الأشكال: 4

قائمة الجداول: 4

1. مقدمة 5

1.1. تمهيد 5

1.2. النطاق 5

1.3. مصطلحات 6

1.4. الرموز 6

2. المياه الرمادية 7

2.1. تعريف المياه الرمادية 7

2.2. مصادر المياه الرمادية 7

2.3. فوائد إعادة استخدام المياه الرمادية 7

2.4. قياس كمية المياه الرمادية 7

3. الجودة 9

3.1. المياه الرمادية الخام 9

3.2. متطلبات جودة المياه المعالجة 10

3.3. منهجية جمع العينات 11

3.4. المعايير الدولية 11

3.5. استخدامات المياه الرمادية المعالجة المسموح بها 12

4. معالجة المياه الرمادية 13

4.1. أنظمة المعالجة 13

4.1.1. نظام الاستخدام المباشر 14

4.1.2. نظام المعالجة الحيوية 15

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

4.1.3. نظام المرشحات الميكانيكية 16
4.1.4. تقنيات المعالجة الكيميائية للمياه الرمادية 18
4.2. تصميم حجم نظام المعالجة 21
4.3. التطهير 23
4.4. مواصفات أنظمة جمع المياه 25
4.4.1. نظام جمع المياه الرمادية 25
4.4.2. تخزين المياه الرمادية 26
4.4.3. نظام توزيع المياه الرمادية المعالجة 27
4.5. إمدادات المياه الاحتياطية 28
4.6. نظام الفائض والتحويل 28
4.7. اللافتات والعلامات والتوسيم 28
4.8. علامات التحذير 30
4.9. إجراءات الاختبار والتشغيل 30
4.9.1. إجراءات الاختبار 30
4.9.2. بدء التشغيل 31
4.10. مراقبة الأداء بعد التشغيل 31
4.11. التشغيل والصيانة 32
4.12. المراقبة الداخلية لضبط جودة المياه الرمادية المعالجة 33
4.13. تقييم المخاطر البيئية والمخاطر على الصحة العامة 33
المراجع 35

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

قائمة الأشكال:

الشكل 1:نظام معالجة الاستخدام المباشر (لري النباتات) 14
الشكل 2: نظام الاستخدام غير المباشر – نظام المعالجة الحيوية للمخلفات غير الناتجة من المطابخ 15
الشكل 3: المرشحات الميكانيكية بتقنية الترشيح الدقيق والفائق والنانو (لاستخدام الماء في غسل المراحيض)..... 16
الشكل 4: المرشحات الميكانيكية مع المفاعل الحيوي الغشائي (MBR) (لاستخدام الماء في غسل المراحيض) 17
الشكل 5: المرشحات الميكانيكية (لاستخدام الماء في غسل المراحيض) - مرشح الكربون النشط بيولوجيا 17
الشكل 6: مرشحات ميكانيكية (لاستخدام الماء في غسل المراحيض) - تعويم الهواء المذاب 18
الشكل 7: الصورة المطلوبة على اللافتات 29
الشكل 8: نموذج تقييم المخاطر 34

قائمة الجداول:

جدول 1: جودة المياه الرمادية غير المعالجة حسب نظام المياه السعودي..... 9
جدول 2: التركيزات النمطية للبكتيريا في المياه الرمادية..... 10
جدول 3: جودة المياه الرمادية المعالجة حسب نظام المياه السعودي 10
جدول 4: تكرار أخذ العينات..... 11
جدول 5: المعايير الدولية للمياه الرمادية 12
جدول 6: مقارنة أنظمة معالجة المياه الرمادية الواردة في الدليل 20
جدول 7: تكرار التنظيف والتطهير الدوري لنظام المياه الرمادية 32

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

1. مقدمة

1.1. تمهيد

تشهد المملكة العربية السعودية نهضة كبيرة على جميع الأصعدة، مما أدى إلى زيادة الطلب على المياه بصورة مطردة. وتولي المملكة قطاع المياه اهتماماً كبيراً انعكس في رؤية المملكة 2030، وقرار مجلس الوزراء بالموافقة على الاستراتيجية الوطنية للمياه 2030. وعلى الرغم من أن المياه تغطي 72% من الكرة الأرضية، إلا أن نسبة المياه الصالحة للشرب لا يتجاوز 0.3%. وقد أدت تحديات تلبية الطلب على المياه إلى صياغة مصطلح "ندرة المياه"، والذي يرتبط أيضا ب"الإجهاد المائي"، ومع ذلك فإن المنظمات مثل منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) والمعهد الدولي لإدارة المياه (IWMI) تميل إلى تعريف الإجهاد المائي بأنه "ندرة مدفوعة بالطلب" أو أزمة المياه. ومن حيث إدارة جانب الطلب، يمكن الحد من استهلاك المياه بطريقتين:

1. تعديل العمليات لاستخدام كميات أقل من المياه
2. أو معالجة المياه المستخدمة بالفعل، واستخدامها مرة أخرى.

ولإعادة استخدام المياه فوائد عديدة للبيئة مثل زيادة إمدادات المياه التي يمكن الاعتماد عليها محليا، والحد من تصريف النفايات البيئية الضارة، والحد من التلوث، وأخيرا وليس آخرا، توفير الطاقة اللازمة لإنتاج وتحلية مياه جديدة. ويعد إعادة استخدام المياه الرمادية خطوة متقدمة نحو ضمان الاستخدام المناسب والفعال للمياه. حيث يمكن اعادة تدويرها واستخدامها في خزانات الطرد للمراحيض، وأنظمة التبريد. وسيقلل استخدام المياه المعالجة من الطلب على إمدادات المياه الصالحة للشرب دون المساس بالصحة العامة أو التسبب في آثار بيئية سلبية.

وجه الأمر السامي الكريم رقم (228) وتاريخ 1426/08/29 ، بإعادة تدوير المياه الرمادية (مياه المغاسل والاستحمام لاستخدامها في صناديق الطرد في الجهات الحكومية وما في حكمها والمؤسسات والهيئات العامة والمراكز والمجمعات السكنية والتجارية والتعليمية والصناعية. وفي هذا الصدد، أصدر المركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه هذا الدليل، كأحد جهوده في تحقيق مهمته في رفع كفاءة استخدام المياه وترشيد استخدامها.

1.2. النطاق

يهدف هذا الدليل الإرشادي إلى تعريف المستخدم النهائي بالمياه الرمادية وإعادة استخدامها بشكل آمن في القطاع الحضري وعلى نحو أكثر تحديداً على المباني في المملكة العربية السعودية. ويوضح هذا الدليل الفني مواصفات تصميم وتركيب واختبار وتشغيل وصيانة نظم إعادة استخدام المياه الرمادية ومعالجتها وكذلك إمدادات المياه الرمادية المعالجة للغسيل العام والري ومياه التعويض في أنظمة التبريد في المباني. ويقدم هذا الدليل أيضا تعليمات بشأن الاستخدام الآمن للمياه الرمادية المعالجة مع الحد من أي أخطار على الصحة العامة أو البيئة. كما يوضح هذا الدليل بشكل مبسط، القواعد الأساسية والإلزامية التي يجب اتباعها، من أجل بناء وتثبيت وصيانة أنظمة موثوقة.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

1.3. مصطلحات

المياه السوداء: المياه الناتجة عن استخدام المراحيض والمباول.

المياه الرمادية: المياه المستخدمة غير المعالجة التي لم تتلامس مع نفايات المراحيض. ويشمل المياه الناتجة من أحواض الاستحمام وأحواض الغسيل و غسيل الملابس.

مياه الصرف الصحي: هي خليط من المياه الرمادية والمياه السوداء.

التطهير: عملية ازالة الكائنات الحية المجهرية والطفيليات المسببة للأمراض الموجودة في الماء أو تحييدها أو جعلها غير ضارة بصحة الإنسان. إلا أنه قد لا يتم القضاء على الجراثيم المقاومة.

إعادة تدوير المياه الرمادية: استخدام المياه الرمادية بعد معالجتها وتطهيرها. مما يجعلها آمنة للاستخدام غير الصالح للشرب،

العوامل الممرضة: الكائنات المجهرية القادرة على التسبب في الأمراض للإنسان والحيوان مثل الفيروسات، والبكتيريا والطفيليات والأوليات.

المعالجة: أي طريقة فيزيائية أو كيميائية أو بيولوجية مستخدمة لتنقية أو تنظيف أو تطهير المياه الرمادية.

الأشعة فوق البنفسجية UV: هي موجة كهرومغناطيسية، وتستخدم هنا لتطهير المياه الرمادية المعالجة بالجرعة العلاجية المطلوبة.

الماء المستخدم: الماء الملوث عن طريق نشاط ما، والذي يحتوي على مواد ذائبة وعالقة. وهذا يشمل المياه الرمادية ومياه الصرف الصحي بشكل عام.

1.4. الرموز

SBC: الكود السعودي للبناء

pH: الرقم الهيدروجيني

BOD: الطلب على الأوكسجين الحيوي

COD: الطلب على الأكسجين الكيميائي

TSS: مجموع المواد الصلبة العالقة

CFU: وحدة مستعمرات

FC: القولونيات البرازية

TSE: مياه الصرف الصحي المعالجة

SPC/HPC: العد الكلي البكتيري SPC والعد الكلي للميكروبات عضوية التغذية HPC.

MBR: المفاعلات الحيوية الغشائية

BAC: الترشيح باستخدام الكربون النشط بيولوجيا

DAF: التعويم الهوائي المذاب

CIP: التنظيف في المكان

FS: غشاء الورقة المسطحة

HF: غشاء الألياف المجوفة

SRT: زمن استبقاء المواد الصلبة

SMBS: ميتابيسلفيت الصوديوم

GAC: فلتر الكربون الحبيبي

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

2. المياه الرمادية

2.1. تعريف المياه الرمادية

هي المياه الناتجة من مختلف الاستخدامات - باستثناء المراحيض - وتشمل المياه الناتجة من الاستحمام، أو أحواض غسيل اليدين، أو المطابخ، أو غسالات الصحون، أو أحواض غسيل الملابس، أو غسيل السيارات، أو غسيل الأرضيات، أو أحواض السباحة. (يتم استبعاد أحواض المطابخ وغسالات الصحون وفقا للكود السعودي للبناء).

2.2. مصادر المياه الرمادية

تختلف مصادر وكميات المياه الرمادية اختلافاً كبيرا تبعاً لأنماط استخدام الأسر في المباني السكنية، وطبيعة الاستخدامات التجارية وغيرها من المباني غير السكنية. وبشكل عام فإن مصادر المياه الرمادية هي:

- الاستحمام.
- أحواض غسيل اليدين.
- غسالات الملابس.
- مغاسل السيارات.
- أحواض السباحة.

ويعتبر الماء غير المعالج الذي يتم جمعه من أحواض المطبخ أيضا من المياه الرمادية. ولكنه يحتوي على الدهون والزيوت والشحوم والمركبات العضوية التي إذا تركت دون معالجة فإنها تؤدي إلى زيادة النشاط الميكروبي خاصة في الظروف المناخية الحارة للمملكة. كما أن معالجة المياه الرمادية الناتجة من أحواض المطبخ وغسالات الصحون يتطلب أنظمة معالجة معقدة فضلاً عن زيادة حجمها وتكلفتها المرتفعة سواء كانت تكاليف رأسمالية أو تشغيلية مما يجعلها غير مجدية. ولذا، لن يتم النظر في هذا الدليل إلى معالجة المياه الرمادية الناتجة من أحواض المطبخ وغسالات الصحون.

2.3. فوائد إعادة استخدام المياه الرمادية

لمعالجة المياه الرمادية وإعادة استخدامها العديد الفوائد ومنها:

1. المساهمة في استدامة المياه والحفاظ على المصادر.
2. تقليل استهلاك مياه الشرب.
3. انخفاض فاتورة المياه.
4. تقليل الضغط على شبكات مياه الصرف الصحي ومحطات المعالجة.
5. تأجيل الحاجة إلى التوسع في تطوير بنية تحتية جديدة.

2.4. قياس كمية المياه الرمادية

يعتمد إنتاج المياه الرمادية المتوقع في المباني على استخدام تركيبات ذات كفاءة في استهلاك المياه، وعدد المستخدمين، والممارسات المثالية لاستخدامات المياه. ويمكن تقدير حجم المياه الرمادية وفقا للكود السعودي للتمديدات الصحية SBC701، القسم 1402.1، الذي نص على أن حجم المياه الرمادية المتولد هو نتيجة عدد الشاغلين ويقاس الاستهلاك اليومي لكل شاغل بناء على نوع التركيبات.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

ويحسب حجم المياه الرمادية باستخدام المعادلة التالية:

$C=BxA$

حيث:

A= عدد الساكنين.

يحدد عدد الساكنين بعدد الساكنين الفعلي، على ألا يقل عدد الساكِنين عن ساكنَين لغرفة نوم واحدة وساكن واحد لكل غرفة نوم إضافية.

يتم تحديد العدد التجاري للقاطنين حسب كود البناء السعودي SBC 201.

B= الطلب التقديري على التدفق لكل شاغل.

الطلب السكني: 94.6 لترا لكل فرد في اليوم للاستحمام و 56.7 لتراً لكل فرد في اليوم لغسالات الملابس.

الطلب التجاري: اعتمادا على نوع وعدد وحدات التغذية (water fixture units) أو سجلات استخدام الماء مطروحا منها تصريف التركيبات الثابتة غير تلك التي تنتج المياه الرمادية.

C= الحجم التقديري للمياه الرمادية الناتجة على أساس إجمالي عدد السكان.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

3. الجودة

قام نظام المياه الصادر بالمرسوم الملكي رقم م/159 بتاريخ 1441/11/11 هـ، بتحديد مواصفات ومعايير المياه الرمادية الخام والمعالجة، ويجب تطبيق المواصفات والمعايير الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية الواردة في النظام.

3.1. المياه الرمادية الخام

وفقاً لنظام المياه الصادر بالمرسوم الملكي رقم م/159 بتاريخ 1441/11/11 هـ فإن المياه الرمادية غير المعالجة يجب أن تنطبق عليها المعايير الفيزيائية والكيميائية والميكرو بيولوجية المدرجة في جدول 1:

المعيار	الوحدة	التركيز المحدد أو القيمة
الطلب على الأوكسجين الحيوي	ملجم/لتر	34-20
الطلب على الأوكسجين الكيميائي	ملجم/لتر	48-25
مجموع المواد الصلبة العالقة	ملجم/لتر	18-9
النيتروجين الكلي	ملجم/لتر	1.6-0.9
الفوسفور الكلي	ملجم/لتر	3.1-2.5
الفوسفور الكلي باستثناء المنظفات الفسفورية	ملجم/لتر	0.5-0.3

جدول 1: جودة المياه الرمادية غير المعالجة حسب نظام المياه السعودي

- **الجودة الفيزيائية والكيميائية:** نظرا لتعدد المتغيرات المؤثرة على مواصفات المياه الرمادية الخام مثل مصدر المياه، وكفاءة استخدام المياه من التجهيزات والأجهزة، والعادات الفردية، والمنتجات المستخدمة (مثل المنظفات، والشامبو، والصابون)، وغيرها من الخصائص، يؤدي هذا إلى درجة عالية من التباين في الجودة الكيميائية والفيزيائية للمياه الرمادية التي ينتجها أي مبنى.
- **الجودة الميكروبيولوجية:** تستخدم المجموعة باسيل القولون النموذجي (E.Coli) كمقياس لنوعية الميكروبات. وتتضمن مجموعة القولونيات البرازية المقاومة للحرارة وباسيل القولون النموذجي. وهي فئة معينة من البكتيريا التي تنمو عادة في أمعاء الكائنات ذات الدم الحار، مثل البشر. ويرفع وجود باسيل القولون النموذجي في المياه الرمادية من إمكانية وجود مسببات الأمراض، وبالتالي إمكانية الإصابة بالمرض أو العدوى بعد ملامسة الماء. كما أن المياه الرمادية غير المعالجة ستصبح متعفنة إذا تم تخزينها، وستنتج روائح كريهة وتكون ظروفاً مثالية لنمو الميكروبات.

ملاحظة:

يجب أن يتم الاحتفاظ بالمياه الرمادية التي لم تعالج في خزان التفريغ لفترة قصيرة من الوقت تبلغ كأقصى حد 24 ساعة، حتى لا تتحول إلى مصدر خطر على صحة الإنسان، نظراً لتكاثر البكتيريا والميكروبات الممرضة بنسبة 10 أضعاف إلى 100 ضعف. ويبين(جدول 2)التركيزات الاعتيادية للبكتيريا في المياه الرمادية.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

تركيز (CFU/ مل **100**)				
المكورات المعوية البرازية	باسيل القولون النموذجي	بكتيريا القولون المقاومة للحرارة	بكتيريا القولون الكلية	مصدر المياه الرمادية
$0 – 2.x10^4$	$0 – 2.4x10^6$	n.a	$2.4x10^2$ - >$2.4x10^6$	حوض غسل اليدين
$10 – 10^5$	$10 – 10^5$	$0 – 5.0x10^3$	$2.5x10^2 – 1.8x10^8$	الاستحمام/الاستحمام وأحواض الأيدي
n.a	n.a	$7.3x10^2$	$7x10^5$	مغسلة، غسيل مغسلة مطبخ
n.a	$10 – 10^5$	10^2 - 10^6	10^2 - 10^6	مياه رمادية

جدول 2: التركيزات النمطية للبكتيريا في المياه الرمادية

- **العناصر المغذية للبكتيريا**: المياه الرمادية غنية بالعناصر المغذية للبكتيريا، يمكن التحكم في كميتها في المياه الرمادية من خلال التحكم في نوع وكمية عوامل التنظيف ومواد النظافة الشخصية والمنظفات المستخدمة.
- **الأملاح**: تحتوي المياه الرمادية على أملاح، عادة ما تكون في صورة الصوديوم والمغنيسيوم ومركبات الكالسيوم، والتي تأتي من منظفات الغسيل.

3.2. متطلبات جودة المياه المعالجة

وفقا نظام المياه الصادر بالمرسوم الملكي رقم م/159 بتاريخ 1441/11/11 هـ يجب أن تفي المياه الرمادية المعالجة بمعايير الجودة الواردة في جدول 3:

المعيار	الوحدة	التركيز المحدد أو القيمة
درجة الحرارة	درجة مئوية	<45
الكربون العضوي الكلي	ملجم/ لتر	40
المواد الطافية		خالية
مجموع المواد الصلبة العالقة	ملجم/ لتر	10
الأس الهيدروجيني		8.4-6
العكارة	NTU	2
الطلب على الأوكسجين الحيوي 5	ملجم/ لتر	<10
الطلب على الأوكسجين الكيميائي	ملجم/ لتر	<50
الزيوت والشحوم		لا يوجد
نيتروجين الأمونيا	ملجم/ لتر	<5
نترات	ملجم/ لتر	<10
الكلور الحر المتبقي	ملجم/ لتر	0.5 -0.2
العدد الكلي للبكتريا القولونية	عدد/100 ملي	<2.2
اللون والرائحة		لا يوجد

جدول 3: جودة المياه الرمادية المعالجة حسب نظام المياه السعودي

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

3.3. منهجية جمع العينات

للتمكن من جمع العينات؛ يجب بناء نقاط جمع العينات، ويفضل أن تكون في منافذ خزانات المياه الرمادية المعالجة. يجب اختبار العينات من قبل المختبرات المعتمدة لاختبار جودة المياه الرمادية مثل مختبرات شركة المياه الوطنية أو المختبرات المعتمدة من قبلها، ويتم أخذ العينات لكل معيار بالتكرار المحدد في (جدول 4):

رقم	الخواص	غسل المراحيض، الغسيل العام، الري	أبراج التبريد
1	رائحة	غير محدد/ في كل الأوقات	غير محدد/ في كل الأوقات
2	اللون	شهري	شهري
3	الرقم الهيدروجيني pH	شهري	مستمر
4	إجمالي الكلور المتبقي	مستمر	مستمر
5	العكارة	شهري	مستمر
6	الطلب على الأوكسجين الحيوي BOD_5	ربع سنوي	ربع سنوي
7	بكتيريا القولون الكلية Total Coliform	شهري	شهري
8	باسيل القولون النموذجي E.Coli	شهري	شهري
9	العد الكلي البكتيري SPC، والعد الكلي للميكروبات عضوية التغذية HPC	غير موجود	شهري
10	إجمالي عدد الفيلقية	غير موجود	ربع سنوي

جدول 4: تكرار أخذ العينات

3.4. المعايير الدولية

يظهر (جدول 5) فيما يلي بعض المعايير الدولية المرجعية للمياه الرمادية. ويمكن ملاحظة أن المعيار المحلي السعودي للمياه الرمادية مماثل للمراجع الدولية المذكورة من حيث الحمل العضوي (BOD/COD) والمواد الصلبة الكلية (TSS)، ومع ذلك فهو صارم للغاية من حيث العكارة وعتبة القولون البرازي. علاوة على ذلك، تضع المعايير السعودية حدا أعلى لنيتروجين الأمونيا، وهو معيار لم يرد ذكره في هذه المعايير الدولية.

المراجع	سقي الحدائق	ري تحت سطحي	غسيل السيارات	إمدادات المياه الباردة لغسل الملابس	غسل المرحاض	أصل الماء	الشركة / المؤسسة
منظمة الصحة العالمية 2006	-	-	$BOD_5 \le 10$ $TSS \le 10$ $FC \le 10$	-	$BOD_5 \le 10$ $TSS \le 10$ $FC \le 10$	مياه رمادية	دليل منظمة الصحة العالمية
USEPA 2004	-	-	pH 6-9 $BOD_5 \le 10$ Turbidity ≤ 2 FC ND Res. $Cl_2 \ge 1$	-	pH 6-9 $BOD_5 \le 10$ Turbidity ≤ 2 FC ND Res. $Cl_2 \ge 1$	مياه رمادية	دليل EPA الأمريكية
قانون الصحة لعام 2007	$BOD_5 \le 20$ $SS \le 30$	-	$BOD_5 \le 20$ $SS \le 30$ $FC \le 10$	BOD5 ≤ 20 $SS \le 30$ $FC \le 10$	$BOD_5 \le 20$ $SS \le 30$ $FC \le 10$	مياه رمادية	دليل قانون أستراليا
BSI 2011	pH 5-9.5 Turbidity NA Res. $Cl_2 < 2$ Res. Br < 0.0 E.Coli < 25 I.Cocci < 10	pH 5-9.5 Turbidity <10 Res. $Cl_2 < 2$ Res. Br < 0.0 E.Coli ND I.Cocci ND	pH 5-9.5 Turbidity <10 Res. $Cl_2 < 2$ Res. Br < 0.0 E.Coli ND I.Cocci ND	pH 5-9.5 Turbidity <10 Res. $Cl_2 < 2$ Res. Br < 5 E.Coli ND I.Cocci ND	pH 5-9.5 Turbidity <10 Res. $Cl_2 < 2$ Res. Br < 5 E.Coli < 25 I.Cocci < 10	مياه رمادية	دليل المملكة المتحدة
FBR 2005	Class 1 (Unrestricted	Class 1 (Unrestricted	Class 1 (Unrestricted	BOD_7 <5 O_2 Sat. > 50%	BOD_7 <5 O_2 Sat. > 50%	مياه رمادية	المبادئ التوجيهية الألمانية

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

	Area) F.Steptococci ND, E.Coli ND, Salmonella ND, Nematodes ND	Area) F.Steptococci ND, E.Coli ND, Salmonella ND, Nematodes ND	Area) F.Steptococci ND, E.Coli ND, Salmonella ND, Nematodes ND	$TC < 10^4$ $FC < 10^3$ P.Aeruginosa < 10^2	$TC < 10^4$ $FC < 10^3$ P.Aeruginosa < 10^2		
وزارة الرئاسة 2007	TSS ≤ 10 Turbidity ≤ 2 E.Coli 0 Nematodes ≤ 1 egg/10L	-	-	TSS ≤ 10 Turbidity ≤ 2 E.Coli 0 Nematodes ≤ 1 egg/10L	-	البلدية	دليل إسبانيا

جدول 5: المعايير الدولية للمياه الرمادية

3.5. استخدامات المياه الرمادية المعالجة المسموح بها

- **استخدام المياه الرمادية لغسل المراحيض:**

يمكن استخدام المياه الرمادية المعالجة لغسل المراحيض بدلا من استخدام شبكات المياه الصالحة للشرب، ويمكن ضخ المياه الرمادية من المصدر إلى المرحاض من خلال خزان علوي واستخدامها حسب الضرورة بمجرد تصفيتها تماما وتطهيرها للقضاء على جميع البكتيريا.

- **استخدام المياه الرمادية لري النباتات:**

يمكن استخدام المياه الرمادية لري المزروعات، لتوفير المياه الصالح للشرب. حيث يمكن استخدام نظام الاستخدام المباشر، كما سيرد في البند 4.1.1. وتتنوع تعقيدات أنظمة ري المياه المنزلية، حيث تبيع بعض الشركات أنظمة كاملة تهدف إلى تحقيق أقصى قدر من الكفاءة. ولكن، وبما ان النباتات قد تمتص أي مادة عضوية لا تزال موجودة في الماء، فليس من الضروري تنقية هذا الماء كيميائياً أو بيولوجيا. ولا ينصح باستخدام هذا النوع من المياه مع المحاصيل الغذائية.

- **استخدام المياه الرمادية لأنظمة التبريد:**

يتم استخدام المياه الرمادية المعالجة في لتبريد المناطق، حسب الإطار التنظيمي لتبريد المناطق، الصادر من هيئة تنظيم المياه والكهرباء.

تحذير:

يجب ألا يتم استخدام المياه الرمادية المعالجة للغسل بالضغط العالي أو رشاشات الري، وما إلى ذلك لأسباب تتعلق بالصحة.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

4. معالجة المياه الرمادية

4.1. أنظمة المعالجة

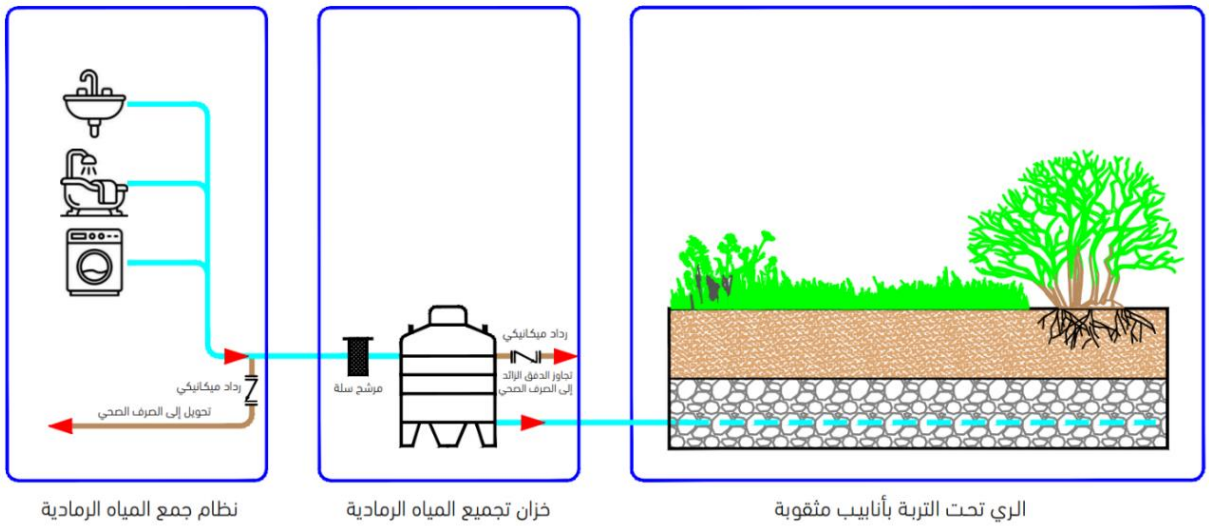
- يراعى عند اختيار نظام المعالجة المعايير والاعتبارات التالية:
  - ملائمة المحطة لنوعية المياه المراد إعادة استخدامها.
  - تحديد السعة التصميمية للمحطة لتتناسب مع الاحتياج الفعلي.
  - كفاءة المحطة لتحقيق أعلى عائد من المياه المعالجة.
  - ملائمة المحطة للموقع وعدد المستخدمين.
  - انخفاض تكلفتها، وسهولة تشغيلها وصيانتها.
- يتم استخدام الطرق الحيوية والفيزيائية والكيميائية لمعالجة المياه الرمادية، أو توليفة منها. حيث تعمل المعالجة الفيزيائية للمياه الرمادية إلى فصل الملوثات عن الماء بوسائل فيزيائية مثل الترسيب والترشيح. بينما تستلزم المعالجة الكيميائية إضافة مواد كيميائية معينة لترسيب أو امتصاص المكونات المستهدفة للحصول على مستويات معالجة أعلى.
- يوجد أنواع مختلفة من أنظمة معالجة المياه الرمادية، حيث تختلف هذه الأنظمة عن بعضها باختلاف درجة المعالجة ونوع والتقنيات المستخدمة في المعالجة، بناء على الغرض من استخدام المياه المعالجة. وكلما زادت درجة تعقيد النظام كلما زاد حجمه وزادت تكلفته، ولذلك من المهم تحديد الغرض من استخدام المياه المعالجة من أجل تحديد النظام المناسب، حتى لا يتم إهدار المال على أنظمة المعالجة الزائدة التي لا تتطلبها الحاجة. وفي هذا الدليل، تم تحديد أربعة تصاميم، تناسب أربع مستويات من أنظمة معالجة المياه الرمادية، ويمكن تلخيصها كما يلي:
  - نظام الاستخدام المباشر.
  - نظام المعالجة الحيوية للمخلفات غير الناتجة من المطابخ
  - نظام المرشحات الميكانيكية.
  - نظام المعالجة الكيميائية.

وفيما يلي شرح مفصل لهذه الأنظمة:

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

4.1.1. نظام الاستخدام المباشر

- يعتبر هذا النظام أبسط تصاميم أنظمة معالجة المياه الرمادية، حيث يتكون هذا النظام فقط من خزان التجميع، وأنابيب التوزيع. كما في (الشكل 1). ويستخدم لري النباتات حيث تتم معالجة المياه الرمادية بشكل طبيعي فيزيائياً، تحت التربة.
- في هذا النوع من الاستخدام، يجب استخدام المياه الرمادية منخفضة التلوث، كما يجب استخدام المياه المجمعة بأسرع وقت وبحد أقصى 24 ساعة، أو التخلص منها فوراً، لأن البكتيريا تتغذى على أي مادة عضوية في الماء (مثل جزيئات الجلد والشعر والمنظفات) وتنمو بسرعة. ويمكن لهذه البكتيريا اللاهوائية أن تتسبب في العديد من الامراض الخطرة، وتكون رائحتها سيئة بمجرد استهلاك كل الأكسجين.
- بعد خزان التجميع، يتم استخدام أنابيب مثقبة لتوزيع المياه الرمادية على طبقة رملية ضحلة مغطاة بالنباتات. حيث تمتص النباتات الماء من خلال جذورها وتحوله إلى بخار تفرزه من خلال أوراقها خلال عملية النتح.
- يمكن ضخ المياه الرمادية في خنادق ضحلة تحت سطح التربة (≈ بعمق يصل إلى 30 سم). وتكون الانابيب موضوعة بحيث يمكن لجذور النبات ان تصلها وتحصل على الماء منها.
- يمكن استخدام بطانات PVC لتبطن الخنادق، والتي يتم ملؤها بعد ذلك بطبقة تتراوح بين ≈ 5 سم إلى 20 سم، من حصى بحجم حبة البازلاء (يتراوح حجمها من 13 ملم إلى 64 ملم) أو غيرها من المواد الاصطناعية المسموح بها أو القش، ووفقا للكود السعودي للتمديدات الصحية SBC 701، القسم 1403.15، يجب توفير ما لا يقل عن 20 سم من ردم التربة فوق هذا الغطاء.
- يحظر استخدام المياه الرمادية لري الفواكه أو الخضروات لأسباب صحية.
- يحظر الري فوق السطحي في طريقة الاستخدام المباشر لتجنب أي تلامس مع البشر.

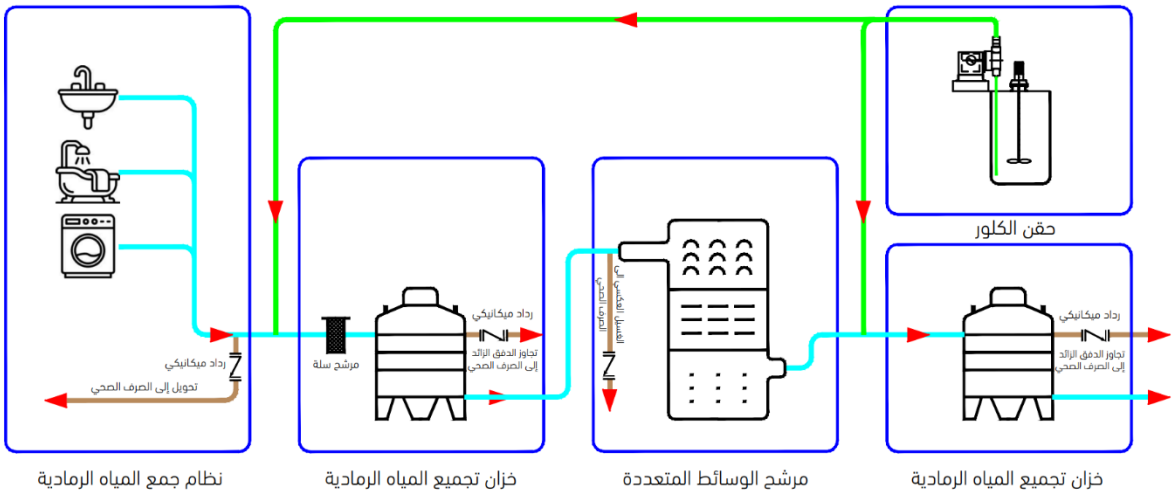


الشكل 1: نظام معالجة الاستخدام المباشر (لري النباتات)

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

4.1.2. نظام المعالجة الحيوية

- يبين (الشكل 2) تصميم نظام المعالجة الحيوية للمخلفات غير الناتجة من المطابخ، ويحظر أي مصدر للمياه الرمادية من المطابخ.
- يعتبر هذا النظام الأكثر شيوعا لنظم الاستخدام غير المباشر لمعالجة المياه الرمادية هو مرشح الوسائط المتعددة الرملية/الحبيبيات، وهو تقنية نظيفة وخضراء، فهو يحتاج إلى مساحة صغيرة، وهو غير مكلف للبناء والتشغيل دون الحاجة إلى عمالة متخصصة.
- تستخدم الجاذبية لتحريك المياه الرمادية داخل مرشح الرمل ليزيل أي جزيئات كبيرة الحجم. ويتم إدخال المياه الرمادية من أعلى الفلتر.
- يتم استخدام الحصى عالية الجودة، والمغنتيت، والأنثراسايت، ورمل الكوارتز، ومواد أخرى كمواد ترشيح متعددة الوسائط في الفلتر. وفقًا لثقلها النوعي وحجم جسيماتها، يتم ترتيب مادة المرشح في خزان الترشيح بطريقة منهجية. يتم وضع أنثراسايت، الذي له ثقل نوعي منخفض وحجم جزيئي أكبر قليلاً ، في الطبقة العليا من طبقة المرشح ، متبوعًا برمل الكوارتز ، الذي يتميز بثقل نوعي معتدل وحجم جزيئات أصغر ، في الوسط. ثم يتم وضع الحصى، التي لها ثقل نوعي أعلى وحجم جسيمات أصغر في الطبقة السفلية.
- في المليمترات القليلة العلوية من الطبقة الرملية الناعمة، تتشكل طبقة هلامية (أو غشاء حيوي). هذه الطبقة هي الجزء الفعال في المرشحات الرملية. وتتكون هذه الطبقة من البكتيريا والفطريات والأوليات والدولابيات ومجموعة متنوعة من يرقات الحشرات المائية. وتتشكل هذه الطبقة خلال أول 10 إلى 20 يومًا من العملية. ثم تميل المزيد من الطحالب إلى النمو كغشاء حيوي مع مرور الوقت. ويعمل الرمل كوسط داعم لطبقة المعالجة البيولوجية هذه، والتي ترشح المياه الرمادية بشكل فعال, حيث يتم التقاط جزيئات المواد الغريبة في الطبقة الهلامية، ويتم امتصاص المواد العضوية القابلة للذوبان، وتقوم البكتيريا والفطريات والأوليات بتفكيك الملوثات، بينما ينتقل الماء عبر هذه الطبقة.

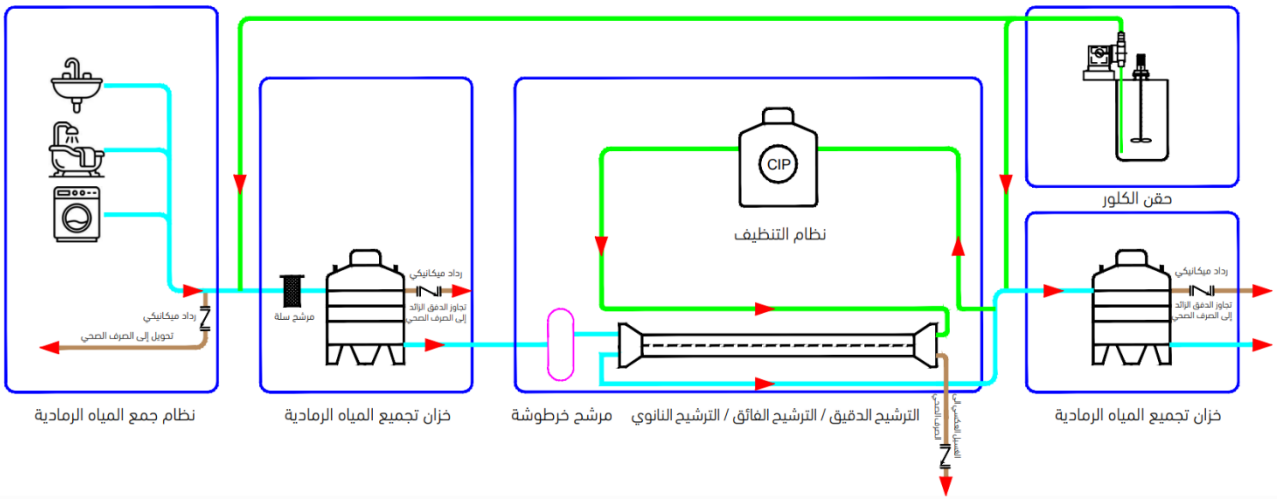


الشكل 2: نظام الاستخدام غير المباشر – نظام المعالجة الحيوية

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

4.1.3. نظام المرشحات الميكانيكية

- يمكن استخدام المياه الناتجة من هذا النوع من المعالجة لغسل المراحيض.
- تعتبر الأنواع الثلاثة للترشيح: الترشيح الدقيق والفائق والنانوي هي تقنيات يمكن استخدامها لتصفية السوائل أو إزالة البكتيريا والأوليات والجسيمات الدقيقة العالقة.
- يبين (الشكل 3) المرشحات الميكانيكية بتقنية الترشيح الدقيق والفائق والنانوي
- النوع الأكثر شيوعًا من الأنواع الثلاثة هو الترشيح الدقيق، ويتميز غالبية أغشية الترشيح الدقيق بمسام بحجم 0.1 ميكرون، حيث تتركز البكتيريا والجسيمات الأخرى في هذا النطاق من الحجم، ويتم احتجازها في الغشاء.
- هذه الطريقة للتخلص من الفيروسات ناجحة بشكل خاص لأنها تتخلص من الجزيئات التي يمكن أن تحمي الفيروسات من الأشعة فوق البنفسجية عند استخدامها بالتزامن مع التطهير بالأشعة فوق البنفسجية بعد الترشيح.
- لإزالة المواد العضوية الطبيعية والاصطناعية، ومخلفات التطهير الثانوية، والمركبات غير العضوية متعددة التكافؤ (مثل الكالسيوم والمغنيسيوم) من المياه، وفصل الزيت عن الماء المستخدم، فيمكن استخدام الترشيح الفائق أو النانوي.
- تحتوي أغشية الترشيح النانوي على مسام حجمها 0.001 ميكرونات، في حين أن أغشية الترشيح الفائق تحتوي على مسام حجمها 0.01 ميكرونات. وتتركز في هذا النطاق من الحجم جزيئات مثل الكربوهيدرات والبروتينات.

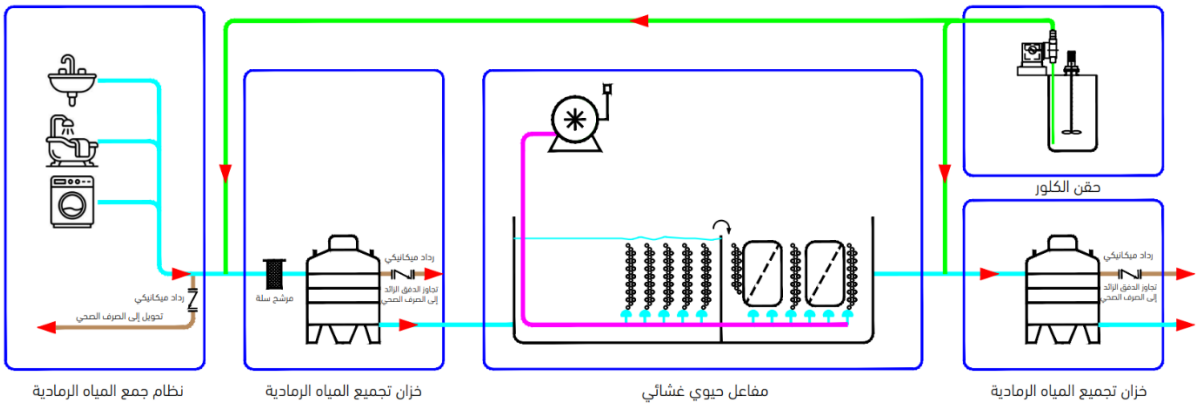


الشكل 3: المرشحات الميكانيكية بتقنية الترشيح الدقيق والفائق والنانو (لاستخدام الماء في غسل المراحيض)

- **المفاعلات الحيوية الغشائية (MBR)** عند استخدام هذه التقنية، كما في (الشكل 4)، يتم الحصول على مياه معالجة ذات جودة عالية للغاية، وذلك بسبب أنها تجمع بين الترشيح الغشائي والمعالجة البيولوجية التقليدية. وبالمقارنة مع محطات المعالجة التقليدية، فإن

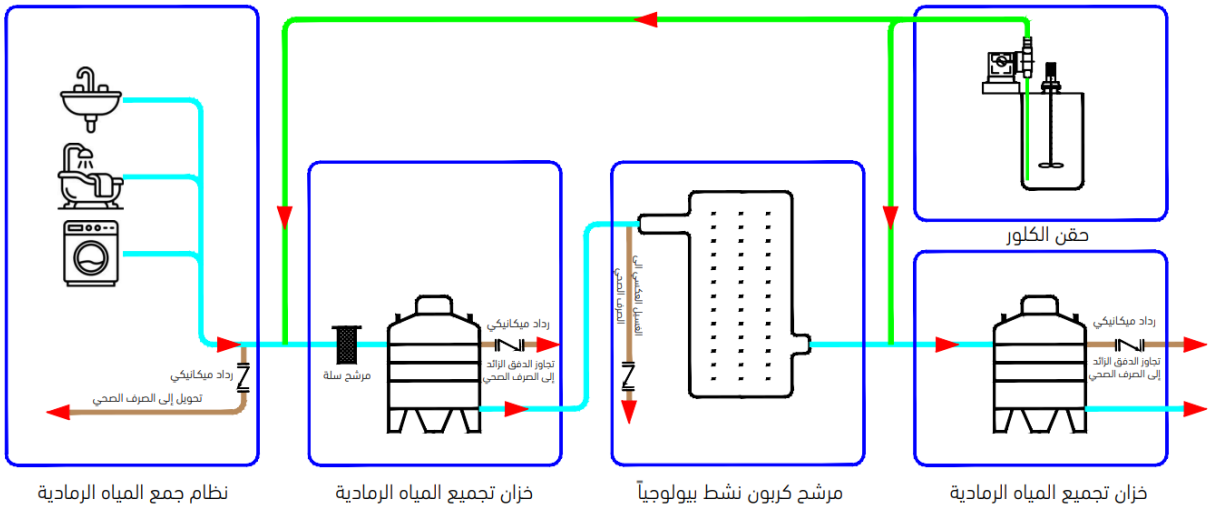
حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

محطات المعالجة صغيرة جدا وتتطلب القليل من اهتمام المشغلين. كما تستخدم مساحة أقل أيضا، ويمكن استخدام المياه الناتجة من هذا النوع من المعالجة لغسل المراحيض.



الشكل 4: المرشحات الميكانيكية مع المفاعل الحيوي الغشائي (MBR) (لاستخدام الماء في غسل المراحيض)

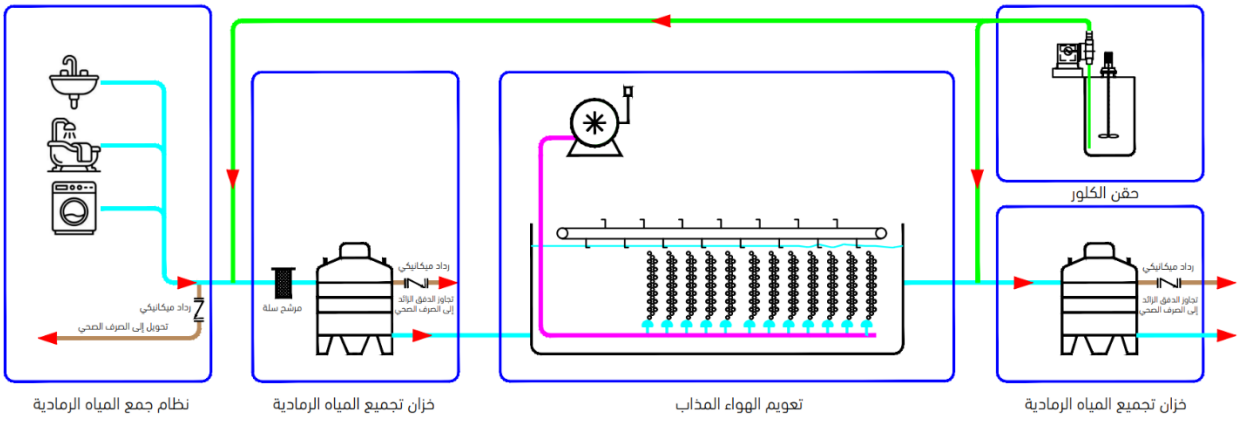
- **الترشيح باستخدام الكربون النشط بيولوجيا (BAC)** - يمكن التخلص من العديد من الملوثات، مثل المبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب والأدوية ومواد التعقيم والسموم القشرية، من خلال تصفية المياه الرمادية باستخدام الكربون المنشط بيولوجيا كما في (الشكل 5). وعن طريق الأوزون في الماء، يتم تحطيم الجزيئات العضوية الكبيرة إلى جزيئات عضوية أصغر حجماً، ويصبح من الممكن تحسين قدرة مرشحات الكربون النشطة على امتصاص الملوثات العضوية. ويؤدي حرق الشوائب إلى تجديد فلاتر الكربون المنشط حرارياً بحيث يمكن إعادة استخدامها.



الشكل 5: المرشحات الميكانيكية (لاستخدام الماء في غسل المراحيض) - مرشح الكربون النشط بيولوجيا

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

- **تعويم الهواء المذاب** - يتم حقن الهواء في الماء أثناء التعويم الهوائي المذاب (DAF)، كما في (الشكل 6)، مما يخلق فقاعات صغيرة تلتصق بجسيمات متخثرة تنشأ عن إضافة مادة كيميائية كعامل تخثير أو دمج. ثم تطفو المواد الملبدة إلى القمة حيث يمكن التخلص منها. يمكن أن ينتج DAF مياه نظيفة معالجة عالية الجودة عند استخدامها بالتزامن مع التعقيم المناسب، ويمكن استخدام المياه الناتجة من هذا النوع من المعالجة لغسل المراحيض.



الشكل 6: مرشحات ميكانيكية (لاستخدام الماء في غسل المراحيض) - تعويم الهواء المذاب

4.1.4. تقنيات المعالجة الكيميائية للمياه الرمادية

- تعتبر المعالجة الكيميائية من أسهل طرق المعالجة، خاصة بالنسبة للتطبيقات الصغيرة، على الرغم من أن المعالجة الحيوية يمكن أن تزيل الملوثات بشكل أكثر فعالية.
- تعتبر المعالجة الكيميائية مجدية للمياه الرمادية منخفضة القوة، أي المياه الرمادية المحملة قليلاً بالمواد الخافضة للتوتر السطحي والغرويات والأيونات المعدنية. وفي حال كانت قوة المياه الرمادية متوسطة أو عالية، فإن المياه المستصلحة بعد العمليات الكيميائية لا تلبي معايير إعادة الاستخدام المطلوبة في جميع الحالات ما لم يتم دمجها مع عمليات أخرى، مثل على سبيل المثال التلميع باستخدام مرشح رملي أو معالجة إضافية بواسطة غشاء مرحلة الترشيح.
- يعتبر نظام التخثر والتلبد الكيميائي هو الأسلوب السائد لمعالجة المياه الرمادية. وتهدف تقنية المعالجة المسبقة هذه إلى تقليل كمية العناصر المغذية للبكتيريا، والمواد العضوية القابلة للتحلل الحيوي، والجسيمات العالقة في التغذية.
- نظرا لصغر حجمها، فإن الملوثات الغروية ذات الشحنات الكهربائية السالبة تكون أكثر صعوبة في إزالتها. إلا أنه يمكن استخدام التخثر والتلبد لتحييد هذه الشحنة السالبة.
- تعتمد فعالية المخثرات بشكل كبير على وقت التلامس، ودرجة الحموضة، ودرجة الحرارة، وجرعة التخثر وسرعة الخلط.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

ملاحظة:

في الجدول رقم 6، مقارنة لجميع أنظمة المعالجة الواردة في هذا الدليل، تشمل الميزات والعيوب مع الاستخدامات المناسبة لكل نظام، بالإضافة إلى المقارنة من حيث درجة ارتفاع التكاليف الرأسمالية والتكاليف التشغيلية لكل نظام.

رموز المقارنة الواردة في جدول رقم 6:

بساطة النظام:	✓✓✓✓✓ نظام بسيط جداً	✓ نظام غير بسيط (معقد)
جودة نواتج المعالجة:	✓ جودة منخفضة جداً	✓✓✓✓✓ جودة مرتفعة جداً
التكلفة:	$ تكلفة منخفضة جداً	$$$$$ تكلفة مرتفعة جداً

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

طريقة المعالجة		الاستعمال المباشر	الاستعمال غير المباشر					
			المعالجة الحيوية (MMF)	المرشحات الميكانيكية				المعالجة الكيميائية
				MF/UF/NF	MBR	BAC	DAF	
الاستخدامات	الري	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
	غسيل المراحيض	لا	لا	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم
	غسيل الملابس	لا	لا	نعم	نعم	لا	لا	لا
	أبراج التبريد	لا	لا	نعم	نعم	لا	لا	لا
بساطة النظام		✓✓✓✓✓	✓✓✓✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓	✓✓✓
جودة نواتج المعالجة		✓	✓✓✓	✓✓✓✓✓	✓✓✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓✓
التكاليف الرأسمالية		$	$$	$$$$$	$$$$$	$$$	$$$$	$$
التكاليف التشغيلية		$	$$	$$$$$	$$$$$	$$$	$$$$	$$$
الميزات		- انخفاض تكلفة رأس المال. - لا توجد تكاليف معالجة. - إعادة استخدام العناصر الغذائية. - تغذية المياه الجوفية	- تكلفة رأس المال منخفضة. - متطلبات تشغيلية سهلة. - كفاءة وموثوقية عالية في إزالة المواد الصلبة العالقة ، حتى الغروية.	- نفاذية عالية الجودة. - نظام معياري بحيز صغير. - مجهزة بنظام التنظيف في المكان. - يحتفظ بالعناصر الغذائية الذائبة مثل الأمونيا والفوسفور، وهو مفيد للري	- نفاذية عالية الجودة. - عملياته مستقرة. - نظام معياري صغير - يمكن أن يتعامل مع تحميل عالي القوة للمياه الرمادية. - مناسبة لمباني التجمعات السكنية الحضرية.	- تكلفة منخفضة. - متطلبات تشغيلية سهلة. - كفاءة وموثوقية عالية في إزالة الكربون العضوي الكلي.	إزالة الزيوت والدهون والمواد العالقة والجزيئات غير المذابة	- بسيط نسبيًا - انخفاض تكلفة رأس المال - مناسب للأحمال عالية الملوثات - مناسب لإزالة البكتيريا - سريع وفعال للملوثات غير القابلة للذوبان
العيوب		- قد يؤدي إلى زيادة الرقم الهيدروجيني للتربة وتكوين الأملاح مثل البورون. - إمكانية إيواء البكتيريا والفيروسات الخطرة. - يمكن لبعض الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في المياه الرمادية غير المعالجة أن تسبب تلفًا لأوراق الشجر. - لا ينبغي أن تستخدم في رشاشات العشب، حيث يمكن أن يؤدي ذلك إلى انتشار البكتيريا الخطيرة في الهواء. - المنظفات القاسية من مياه الغسيل، مثل الأصباغ والمبيضات وأملاح الاستحمام، قد يكون لها تأثير سلبي على الغطاء النباتي.	- معدل تحميل عضوي وهيدروليكي منخفض مطلوب للتشغيل الفعال. - يتأثر الأداء بشكل كبير بخصائص الوسائط وعمقها. - قد يظل COD / TSS أعلى من الحد المسموح به. - لا تشكل الوسائط حاجزًا ضد الكائنات الحية الدقيقة. - التنظيف الدوري المطلوب للحفاظ على الحشف الحيوي والانسداد تحت السيطرة. - قد يؤثر قصر الدائرة في المرشحات على الأداء.	- ارتفاع تكلفة رأس المال والتكلفة التشغيلية - الأغشية المعرضة للحشف الحيوي. - تكلفة طاقة عالية. - انخفاض في النفاذية والأداء بمرور الوقت. - متطلبات التنظيف المتكررة. - متطلبات صيانة عالية.	- ارتفاع تكلفة رأس المال والتشغيل - خطر تلوث الأغشية. - ارتفاع تكلفة الطاقة بسبب التهوية - مشكلة التخلص من الحمأة. - متطلبات تشغيلية معقدة.	- قد تولد مشاكل تآكل ورائحة. - قد يتسبب الكربون المستهلك في حدوث مشكلة في التخلص منه. - لا يوجد حاجز مادي لاحتجاز مسببات الأمراض. - قد تختلف كفاءة المعالجة بناءً على جودة وحجم المياه الرمادية الخام وتجديد الكربون.	- لا يتم إزالة المواد التي تذوب بشكل فعال. - تكلفة كيميائية عالية - مشكلة التخلص من الحمأة. - متطلبات تشغيلية معقدة. - الحساسية للحرارة.	- استهلاك مواد كيميائية عالية. - مشكلة التخلص من الحمأة.

جدول 6: مقارنة أنظمة معالجة المياه الرمادية الواردة في الدليل

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

4.2. تصميم حجم نظام المعالجة

- من المهم تحديد حجم نظام معالجة المياه الرمادية أثناء التصميم، مع مراعاة التباين في الاستخدام في مختلف الأوقات.
- لتحديد حجم نظام الاستخدام المباشر، يجب مراعاة ما يلي:
  - أن يكون خزان التجميع مصمماً للتخزين لمدة يوم واحد كحد أقصى. وفي المقابل، يجب أن يكون حجمه قادراً على تلبية طلب ما لا يقل عن ساعتين من ذروة التدفق المتتابعة.
  - أن تكون المضخة قادرة على نقل المياه الرمادية المجمعة من خزان التجميع إلى الأنابيب المثقوبة (كما في الشكل 1).
- لتحديد حجم نظام المعالجة الحيوية للمخلفات غير الناتجة من المطبخ - مرشح الرمال/الحبيبات للوسائط المتعددة، يجب مراعاة ما يلي:
  - أن يكون خزان التجميع مخصصا للتخزين لمدة يوم واحد كحد أقصى. وأن يكون قادر على التعامل مع ما لا يقل عن ساعتين من ذروة التدفق المتتابعة.
  - عند تحديد الكمية اليومية من المياه الرمادية المتولدة كما هو مفصل في القسم 2.4 من هذا الدليل ، يتم تصميم نظام المعالجة بناءً على معادلة معدل التدفق الحجمي (حجم المياه التي تمر عبر الوسط لكل وحدة زمنية):

$$A = \frac{Q}{\nu}$$

حيث: A = مساحة سطح المرشح (م^2) ،

Q = معدل التدفق في سطح المرشح (م^3 / ساعة)

ν = معدل التحميل (م^3 / م^2/ساعة)

  - معدل التحميل النموذجي هو حوالي 0.1 – 0.2 (م^3 / م^2/ساعة).
  - وبعد تحديد المساحة السطحية، يتم تحديد عمق الطبقة الرملية من خلال استخدام قانون دارسي:

$$Q_{max} = k * A * \frac{h + d}{d}$$

حيث: Q_{max}= الحد الأقصى لمعدل التدفق اليومي (م^3 / ساعة)

k = التوصيل الهيدروليكي للرمل (م / ث) ،

h= عمق التطهير فوق طبقة الرمال (م)

d = عمق طبقة الرمل (م).

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

- يتم توفير الغسل العكسي والتحكم به تلقائيا بناء على الضغط التفاضلي وكذلك الوقت المنقضي. و يجب أن يتم تزويد كل مرشح كحد أدنى بمقاييس ضغط المدخل والمخرج ومؤشرات تدفق الخدمات وتدفقات والغسيل العكسي.

- لتحديد حجم نظام المعالجة الميكانيكية ذات الترشيح الدقيق والفائق والنانو، يجب مراعاة ما يلي:

- يمكن للأشياء الصلبة الحادة أن تمزق تجاويف المرشح المسامية أثناء معالجة المياه الخام والملوثة، مما يجعلها عديمة الفائدة. ولذا، قبل المرور عبر المرشح، يجب أن تمر السوائل بمعالجة مسبقة للفصل الكلي.
- يتم استخدام نهج CIP (التنظيف في المكان) عند الحاجة إلى التنظيف الشامل للتخلص من الجسيمات العالقة لهذا الغرض، غالبًا ما يتم استخدام عوامل التنظيف / المنظفات مثل حامض الستريك أو الصودا الكاوية أو هيبوكلوريت الصوديوم بشكل متكرر.
- يجب تنظيف الأغشية عندما ينخفض معدل نفاذية النظام بنسبة 10٪ أو أكثر.
- عادةً ما يتم تعيين وحدات الترشيح الدقيق للعمل عند ضغوط تتراوح من 1 إلى 4 بار ، مع تدفق المياه النقية بمقدار 0.5 – 10 م^3 / م ^{2} / ساعة. بار.
- عادةً ما يتم تعيين وحدات الترشيح الفائق للعمل عند ضغوط تتراوح من 2 إلى 7 بار ، مع تدفق الماء النقي بمقدار 0.1 إلى 2 م^3 / م ^{2} / ساعة. بار.
- عادةً ما يتم تعيين وحدات الترشيح النانوي للعمل عند ضغوط تتراوح من 3.5 إلى 15 بار، مع تدفق الماء النقي بمقدار 0.02 إلى 0.2 م^3 / م ^{2} / ساعة. بار.

- لتحديد حجم نظام المفاعلات الحيوية الغشائية (MBR)

- يجب أن تتكون المفاعلات الحيوية الغشائية (MBR)من غرف هوائية وغشائية منفصلة.
- يجب أن توفر غرفة التهوية فترة احتجاز هيدروليكية بحد أدنى 6-8 ساعات..
- يجب تصميم وحدة MBR بحيث يكون متوسط زمن بقاء المواد الصلبة (SRT) لا يقل عن 10 أيام (بحد أقصى 30).
- يجب أن يصمم MBR باستخدام نسبة الطعام إلى الكائنات الدقيقة (F:M) أقل من 0.1 كيلوغرام من وزن الجسم/كيلوغرام من وزن الكتلة الجزيئية الطويلة وتحميل حجمي من 0.5 إلى 1.5 كيلوغرام من وزن الجسم/م 3-يوم.
- تكون الأغشية من الصفيحة المسطحة (FS) أو من الألياف المجوفة (HF). تغمر الاغشية وتثبت داخل غرفه غشائيه منفصلة.
- يجب أن تكون الأغشية مصممة للسماح بتدفق من 0.01-0.035 م^3 / م ^{2} -ساعة لغشاء الورقة المسطحة (FS) وتدفق من 0.05 – 0.15 م^3 / م ^{2} -ساعة لغشاء الألياف المجوفة (HF).

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

- يجب إعادة تدوير الحمأة إلى مدخل غرفة التهوية. كما يجب أن يكون معدل إعادة تدوير الحمأة في نطاق 3 إلى 5 أضعاف التدفق الوارد.
- نظام التهوية: أجهزة النفخ في الخدمة/الاستعداد للحفاظ على العملية البيولوجية ولتوفير هواء مجفف للوحدات الغشائية. يحافظ نظام التهوية على ألا يقل الأكسجين المذاب عن 2.0 ملغ/لتر في جميع ظروف التدفق أو التحميل العضوي وفي جميع مناطق الخزان (الصهريج).
- وتستخدم نظم نشر هواء الفقاعات الدقيقة لتزويد خزان التهوية بالأكسجين. تستخدم موزعات الفقاعات الخشنة لتكسير الهواء الغشائي، أو تقترح من قبل الشركة المصنعة للغشاء.
- بالنسبة لموزعات الأقراص الفقاعية الدقيقة، يجب أن يتراوح نطاق تدفق الهواء في التصميم بين 1.5 و 8.0 م^3/ساعة لكل موزع. يجب أن يوفر منشط الفقاعات الدقيقة المستخدمة حجم فقاعي من 1-3 ملم^3 وأن تكون ذات تصميم غير قابل للانسداد مع عدم وجود أجزاء متحركة ومجهزة بصمام عدم الرجوع من الفولاذ المقاوم للصدأ والمناسب لطبيعة العمل ويغلق بإحكام من أجل منع دخول الماء إلى أنابيب الهواء.
- يجب أن تكون كفاءة نقل الأكسجين الأدنى لموزعات الفقاعات الدقيقة أكثر من 5٪ لكل متر عمق وأكثر من 1.5٪ لموزعات الفقاعات الخشنة.

4.3. التطهير

- للتأكد من أن المياه الرمادية المعالجة مناسبة للاستخدام، فإن التطهير جزء أساسي من عملية إعادة استخدام المياه الرمادية.
- تعد المواد المحتوية على الكلور، بما في ذلك هيبوكلوريت الصوديوم وثاني أكسيد الكلور، والأشعة فوق البنفسجية، وترشيح الغشاء، وتقنيات الأكسدة المتطورة باستخدام بيروكسيد الأوزون أو الهيدروجين، بعض البدائل لتطهير المياه الرمادية.
- كل من هذه الإجراءات لها فوائد في حالات معينة، وأحيانا مزيج من هذه التقنيات يعمل بشكل أفضل لتطهير المياه الرمادية. يجب تشغيل جميع أنظمة التطهير آليا مع وجود ميزة الإنذارات والغلق التلقائي لإمدادات المياه الرمادية في حالة حدوث خلل وظيفي.
- ضبط الجودة وعمل الصيانة الدورية الفعالة، تضمن نجاح المعالجة
- يجب استخدام ومعالجة وتخزين جميع المواد الكيميائية المستخدمة في نظم إعادة تدوير المياه الرمادية لأغراض معالجة المياه واختبارها وفقا للقوانين والسياسات المعمول بها التي تضعها الجهات ذات الصلة.
- يجب اتخاذ جميع الاحتياطات اللازمة لحماية العاملين وغيرهم والحفاظ على سلامتهم من تعرضهم للأخطار او التأثير على صحتهم.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

- من بين هذه التدابير ضمان الحفاظ على المواد الكيميائية المحتوية على الكلور بشكل منفصل مع الفصل الكافي والاحتياطات لمنع الاختلاط غير المقصود بالمواد الكيميائية الحمضية.
- الكلورة:
  - يجب معالجة المياه الرمادية بالكلور بشكل صحيح. علماً أن هناك العديد من العوامل التي ستؤثر على كمية وجرعة الكلور ووقت التفاعل اللازم لضمان التطهير الكافي للمياه الرمادية مثل: خصائص المياه الرمادية (مثل pH، BOD، و TSS)، والطلب على الكلور (الذي يحدده وجود المادة العضوية، الأمونيا، الحديد، والمنغنيز)، والاستخدامات النهائية للمياه الرمادية المعالجة.
  - يتفاعل الكلور مع العناصر العضوية وغير العضوية الموجودة عادة في المياه الرمادية لتشكيل منتجات ثانوية للتطهير، على غرار بعض المطهرات الأخرى. وتتغير تركيزات هذه المنتجات الثانوية اعتماداً على جرعة الكلور وكمية الكلور الحر في المياه الرمادية.
  - عند استخدام الكلورة، تتغير متطلبات الكلور لأن المياه الرمادية تحتوي على مواد عضوية ومواد كيميائية أخرى. بالإضافة إلى ذلك، يفقد الكلور خصائصه في التعقيم عند مستويات عالية من درجة الحموضة.
  - عند وضع خطة معالجة لنظم إعادة تدوير المياه الرمادية، يجب أن تؤخذ هذه العناصر في الاعتبار مع مدة التفاعل مع الكلور. يجب أن يتم التطهير بكفاءة وفقا لخطة المعالجة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يكون الكلور المتبقي خطيراً على الكائنات الحية الحساسة عند تصريفه في البيئة بعد الاستخدام النهائي للمياه الرمادية المعالجة.
  - يكون الكلور ضعيفًا بشكل عام في تعطيل بعض الأمراض، مثل بيض الكريبتوسبوريديوم.
- الأشعة فوق البنفسجية:
  - الأشعة فوق البنفسجية طريقة فعالة للتطهير دون أي آثار جانبية يمكن أن تكون ضارة بالناس أو البيئة.
  - تقاس جرعة الأشعة فوق البنفسجية بالملي واط ثانية لكل سنتيمتر مربع ($mW.s/cm^2$) وهي دالة على شدة الأشعة فوق البنفسجية ووقت التعرض.
  - من خلال تفاعل كيميائي ضوئي يدمر جزيء الحمض النووي في الكائنات الدقيقة، تطهر الأشعة فوق البنفسجية المياه الرمادية عن طريق منع انقسام الخلايا، ونتيجة لذلك، تمنع التكاثر.
  - تحدد جرعة ضوء الأشعة فوق البنفسجية التي تمتصها الكائنات الدقيقة ومقاومة الأشعة فوق البنفسجية الخاصة بها مقدار الضرر الذي يحدث للخلية.
  - تناسب هذه الطريقة فقط المياه الرمادية ذات الحد الأدنى من الجسيمات العالقة, العكر، واللون.
  - بعد التطهير بالأشعة فوق البنفسجية، قد يكون إضافة الكلور، ضرورياً لمنع عودة البكتيريا إلى النمو في نظام التوزيع.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

- عمليات الأكسدة:
  - يمكن معالجة المياه الرمادية وتطهيرها باستخدام مجموعة متنوعة من تقنيات الأكسدة، وأكثرها شيوعا هي الأوزون، ثاني أكسيد الكلور، أو بيروكسيد الهيدروجين.
  - الطريقة الأكثر استخداما هي المعالجة بالأوزون. إلا أن توليد الأوزون ينتج عنه إطلاق كميات صغيرة من المنتجات الثانوية والتي إذا تم استهلاكها أو استنشاقها بجرعات كبيرة بما يكفي، فقد تكون ضارة بصحة الإنسان.
  - يجب التعامل مع آلات توليد الاوزون طبقاً للوائح الصحة والسلامة المهنية السليمة لان غاز الاوزون شديد الضرر أيضا.
  - من المحتمل أن تحتاج المياه الرمادية المعالجة بالأوزون إلى إبقاء بعض الكلور فيها بعد المعالجة لمنع إعادة نمو الميكروبات إذا أمضت وقتا طويلاً في الأنابيب.

4.4. مواصفات أنظمة جمع المياه

4.4.1. نظام جمع المياه الرمادية

- يجب أن تكون مواد أنابيب أنظمة جمع المياه الرمادية، وطريقة تركيبها متوافقة مع كود البناء السعودي رقم 701، الكود السعودي للتمديدات الصحية، المواد 702 – 704 – 705 – 710.
- يجب أن يكون نظام جمع المياه الرمادية كافياً لنقل الكميات المقدرة إلى نظام معالجة المياه الرمادية. ويتم تجميع المياه من مصادر المياه الرمادية عن طريق الجاذبية.
- يجب أن يكون نظام التجميع مستقلاً عن المياه السوداء وألا يكون في أي وقت من الأوقات على اتصال معه لتجنب أي مصادر للتلوث.
- تقوم نظم جمع المياه الرمادية بجمع المياه من المصادر التالية:
  - أحواض الاستحمام
  - مغاسل السيارات.
  - أحواض غسيل اليدين.
  - أحواض السباحة.
  - غسالات الملابس (اختياري)
- يجب وضع ملصقات واضحة على نظام جمع المياه الرمادية وتحديد هويته.
- تنقل المياه الرمادية المجمعة إلى نظام المعالجة وتعالج فوراً، ويجب ألا تزيد مدة التخزين عن 24 ساعة، لتجنب نمو بكتريا إضافية.
- يجب أن يكون نظام جمع المياه الرمادية مزوداً بنظام تحويل إلى نظام جمع مياه الصرف الصحي، لتصريف المياه الزائدة عن الحاجة أو في حال كان النظام بحاجة إلى الصيانة.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

4.4.2. تخزين المياه الرمادية

- يجب أن تكون خزانات التخزين المستخدمة في نظام المياه الرمادية متوافقة مع الكود الصحي، القسم 1302.9 والأقسام من 1302.7.1 إلى 1302.7.3.
- يجب تخزين المياه الرمادية الخام بين ساعتين و 24 ساعة بحد أقصى. يوصى بتشغيل نظام العلاج بانتظام على مدار اليوم لتجنب ركود المياه الرمادية لأنه يؤدي إلى نمو البكتيريا.
- يجب أن تراعي خزانات المياه الرمادية المعايير التالية:
  - تدفق المياه الرمادية
  - القدرة الهيدروليكية لنظام المعالجة
  - مدة التخزين
  - درجة حرارة التخزين المطلوبة
  - أي اعتبارات إضافية استناداً إلى ظروف الموقع.
- تصنع خزانات التجميع بشكل عام من مواد بلاستيكية مثل:
  - البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE)
  - البوليستر المعزز بالزجاج (GRP)
- كما يمكن تصنيع خزانات التخزين من الفولاذ أو الخرسانة.
- يجب أن تكون خزانات التخزين عازلة للماء ومعزولة بشكل صحيح. كما يجب ألا يخترق الضوء خزان التخزين لأنه يمكن أن يؤدي إلى نمو الطحالب.
- تزود خزانات التخزين بفتحة وصول يتم إغلاقها. وإذا كان الخزان تحت الأرض، يجب رفع فتحة الوصول إلى الخزان، ولا يسمح لمياه الأمطار أو أي مصدر آخر للمياه باختراق خزان جمع المياه الرمادية الخام.
- يجب أن تكون فتحة الخزان كبيرة بما يكفي للسماح بتركيب المعدات وصيانتها داخل الخزان.
- يجب تزويد خزان المياه الرمادية الخام بنظام فيض لتصريف المياه الزائدة إلى أنابيب الصرف الصحي، لتصريف المياه الزائدة عن الحاجة أو في حال كان النظام بحاجة إلى الصيانة..
- بالنسبة لخزانات تخزين المياه الرمادية التي تحت الأرض، يجب أن يكون نظام الفيض مزوداً بنظام لمنع تدفق المياه العكسي حيث أن أي انسداد في نظام جمع مياه الصرف الصحي قد يؤدي إلى تدفق مياه الصرف الصحي إلى داخل خزان تجميع المياه الرمادية.
- يجب ان تكون خزانات المياه مزوده بمنافذ تصريف في الاسفل لتفريغ الخزان في حاله إجراء الصيانة أو تنظيف الخزان.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

- يجب أن تكون خزانات جمع المياه الرمادية مزودة بفتحة تهوية.
- يتم توفير مصفاة في الجزء العلوي من خزان المياه الخام لتجنب أي جسيمات كبيرة أو حطام من دخول نظام التخزين والمعالجة.
- يجب استخدام الكلور في خزان جمع المياه الرمادية الخام لتجنب نمو البكتيريا في مرشحات نظام معالجة المياه الرمادية.
- يجب وضع الكلور في خزان تجميع المياه الرمادية المعالج بتركيز يتراوح بين 0.2 و 0.5 ملغم/لتر بشكل عام. ويراعي مصمم نظام المعالجة الاستخدام النهائي للمياه الرمادية المعالجة ويحدد تركيز الكلور الحر وفقاً لذلك.
- يتم تنظيف الخزانات مرة واحدة في السنة خلال أعمال الصيانة.

4.4.3. نظام توزيع المياه الرمادية المعالجة

- يجب أن تكون مواد الأنابيب والمفاصل والربط بأنظمة توزيع المياه الرمادية وتركيبها وفقاً لكود البناء السعودي رقم 701 - الكود السعودي للتمديدات الصحية ، المواد من 605 و 606.
- يجب أن يكون تصمم أنابيب نظم توزيع المياه الرمادية وفقاً لكود البناء السعودي رقم 701 - الكود السعودي للتمديدات الصحية، المادة 604.
- يجب نقل المياه الرمادية المعالجة إلى المستخدم النهائي عبر:
  - الجاذبية (إن أمكن)
  - ضخ المياه للاستعمال المباشر
  - ضخ المياه إلى خزان تجميع المياه المعالجة
- يجب وضع ملصقات واضحة على أنابيب المياه الرمادية المعالجة. (يرجى الرجوع إلى القسم 4.8 للحصول على تفاصيل وضع العلامات).
- يجب ألا تلامس المياه الرمادية المعالجة المياه الصالحة للشرب، ولهذا يجب أن تفصل شبكة المياه الرمادية المعالجة عن شبكة إمدادات المياه الصالحة للشرب.
- يجب عدم وضع أنابيب توزيع المياه الرمادية المدفونة فوق أي من أنابيب المياه الصالحة للشرب أو أنابيب مياه الصرف الصحي المعالجة TSE. وفي حال وجدت فوق الأرض، يجب أن تبعد أنابيب توزيع المياه الرمادية المعالجة 100 ملم على الأقل عن مياه الشرب أو أنابيب TSE.
- يجب أن تكون أنابيب المياه الرمادية والمياه الصالحة للشرب المدفونة في عمقين مختلفين مع انفصال أفقي لا يقل عن 300 ملم لتوفير المزيد من الحماية.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

4.5. إمدادات المياه الاحتياطية

- يجب توفير وصلة احتياطية من مصدر مياه بديلة مناسب لمنع نقص المياه في حالة تعطل نظام جمع ومعالجة المياه الرمادية أو انقطاع الخدمة بسبب الصيانة.
- يجب أن يتم توصيلها من الأعلى ويجب ان يكون موقعها في المنطقة الفارغة في الخزان (المسافة التي تفصل أعلى الخزان عن أعلى ارتفاع للمياه) على مستوى اعلى من أنبوب الفائض.
- يجب توجيه أنبوب إمدادات المياه الاحتياطية بطريقة تمنع تصريف المياه مباشرة في أنبوب الفائض.
- يجب تركيب عوامة لإمدادات المياه الاحتياطية لمنع امتلاء الخزان وتدفق المياه البديلة إلى نظام جمع مياه الصرف الصحي.
- تصمم إمدادات مياه الشرب الاحتياطية بحيث يمكنها تلبية احتياجات مستخدمي المبنى.

4.6. نظام الفائض والتحويل

- يجب تركيب أنبوب تحويل، وهو أنبوب جانبي في نظام تجميع المياه الرمادية يبدأ عند بداية خزان المياه الرمادية ويصل إلى نظام مياه الصرف الصحي لتصريف المياه الزائدة عن الحاجة في حالة تعطل نظام جمع ومعالجة المياه الرمادية أو انقطاع الخدمة بسبب الصيانة.
- يتم تزود خزانات المياه الرمادية الخام وخزانات المياه الرمادية المعالجة بنظام لتصريف الفائض من المياه الرمادية الزائدة إلى نظام جمع مياه الصرف الصحي.
- يجب أن يكون حجم أنبوب التدفق الزائد مساوياً أو أكبر من أنبوب المياه الرمادية. كما يجب الحفاظ على المسافة التي تفصل أعلى الخزان عن أعلى ارتفاع للمياه.
- يجب وضع صمام منع التدفق العكسي لأنبوب الفائض والتحويل.
- يجب توصيل أنابيب نظام الفائض والتحويل بنظام المجاري عن طريق مصيدة أرضية أو غرفة تفتيش للسماح بالتنظيف والصيانة.

4.7. اللافتات والعلامات والتوسيم

- يجب أن تكون أنابيب المياه الرمادية وإشارات المعدات وفقا لكود البناء السعودي رقم 701 - الكود السعودي للتمديدات الصحية، البند 608.10.
- يجب أن تكون جميع أنابيب المياه الرمادية باللون الأرجواني أو تركيب الأنبوب بشريط أو لفائف بنفسجية اللون حولها.
- يجب وضع علامة على جميع أنابيب المياه الرمادية مع عبارة "**تحذير: ماء غير صالح للشرب - يمنع الشرب**" على مسافات لا تزيد عن 750 ملم على طول الأنبوب وفي كل نقطة يمر فيها الأنابيب من خلال الجدار أو الأرضية أو السقف. كما يجب وضع العلامات **تحذير:**

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

ماء غير صالح للشرب "يمنع الشرب" على منافذ المياه الرمادية المعالجة (الوصلات والصنابير والأجهزة). يجب أن تكون العلامات مقاومة للتآكل وأن تكون مصنوعة من مواد مضادة للماء.

- تكمن أهمية هذه الإجراءات في:
  - الصحة العامة وهي الأهم
  - وضع معايير البناء والتصميم
  - توفير المراقبة الروتينية لنظام التشغيل غير القابل للتعديل
  - منع الاستخدام غير السليم أو غير المقصود للمياه غير الصالحة للشرب من خلال برنامج إعلامي استباقي
  - تدريب موظفين متخصصين لتولي مسؤوليات التشغيل والصيانة والتفتيش والموافقة على وصلات إعادة التدوير.
- يجب تطبيق التدابير اللازمة لمنع الاستخدام غير السليم أو الاستخدام غير المقصود للمياه الرمادية المعالجة كمياه صالحة للشرب كما يلي:
  - يجب التمييز بوضوح بين جميع أجهزة نظام معالجة المياه الرمادية، بما في ذلك الأنابيب، والمنافذ، والمضخات، وصناديق الصمامات، ونظام المياه الصالحة للشرب. ويحظر وضع خزانات ومضخات المياه الرمادية في نفس المساحة مع الخزانات والمضخات الصالحة للشرب.
  - تعريف الأنابيب والإكسسوارات: يجب تحديد أجزاء نظام معالجة المياه الرمادية وملحقاته بوضوح طوال الوقت.
  - يجب ألا يقل ارتفاع النص عن 13 ملم وأن يكون بألوان مغايرة لألوان الخلفية التي يوضع عليها.
  - يجب ختم التحذيرات على غطاء صناديق صمامات المكونات الهيدروليكية والكهربائية ويجب وضع العلامة عليها.
  - يجب استخدام الصورة الموضحة أدناه في (الشكل 7) في اللافتات المطلوبة.

الشكل 7: الصورة المطلوبة على اللافتات

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

4.8. علامات التحذير

- في المراحيض: يجب أن يظهر النص التالي على العلامات في جميع المنشآت التي تستخدم المياه الرمادية المعالجة لغسل المراحيض: **للحفاظ على الماء، يستخدم هذا المرحاض المياه الرمادية المعالجة لغسل المراحيض والمباول. تحذير: مياه غير صالحة للشرب**".
- يجب أن تحتوي كل علامة على أحرف بألوان عالية الوضوح على خلفية متباينة اللون، ويجب أن تكون مرئية بوضوح لجميع المستخدمين.
- يجب أن يكون في كل غرفة معدات تحتوي على جزء من نظام معالجة المياه الرمادية، لافتات في موقع واضح لأي شخص ومكتوب عليها النص التالي: "**تحذير: المياه غير صالحة للشرب، ولا تتصل بشبكة مياه الشرب**". "**ملاحظة: اتصل بإدارة المبنى قبل القيام بأي عمل على نظام المياه الرمادية هذا**".
- في خزان التخزين: يجب وضع علامة على كل خزان: "**تحذير: ماء غير صالح للشرب**".

4.9. إجراءات الاختبار والتشغيل

4.9.1. إجراءات الاختبار

- يتم اختبار جميع مكونات نظام معالجة المياه الرمادية وفقا لتعليمات الشركة المصنعة.
- يتم اختبار أنظمة السباكة للمياه الرمادية، أي جمع المياه الرمادية ونظم توزيع المياه الرمادية المعالجة وفقا لكود البناء السعودي رقم 701 الكود الصحي، البند 107.4 والباب 312:
  - يجب أن تتبع أنابيب تجميع المياه الرمادية بالجاذبية نفس إجراءات الاختبار المتبعة في اختبارات الجاذبية للصرف الصحي.
  - يجب أن تتبع أنابيب توزيع المياه الرمادية المعالجة نفس إجراء الاختبار الذي اتبعته اختبارات المياه الصالحة للشرب.
- وفيما يتعلق بنظام توزيع المياه الرمادية، تجرى اختبارات الصبغة للتأكد من عدم وجود وصلات تبادلية مع نظام إمدادات المياه الصالحة للشرب، مع مراعاة الآتي:
  - يجب استخدام صبغة خضراوات من الدرجة الغذائية.
  - يجب فصل مكونات معالجة المياه الرمادية.
  - يتم عزل نظام الفائض والتحويل.
  - يتم عزل نظام إمدادات المياه الاحتياطي.
  - يجب ضغط نظام إمدادات المياه الرمادية المعالجة باستخدام مياه شرب نظيفة وصبغة نباتية مناسبة من الدرجة الغذائية، وضمان أن نظام إمدادات المياه الرمادية المعالجة بأكمله ممتلئ بالمياه المصبوغة.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

- التأكد من أن نظام إمدادات المياه الصالحة للشرب متوقف، أو أن ضغط التشغيل داخل نظام إمدادات المياه الصالحة للشرب أقل من الضغط في نظام إمدادات المياه المعالجة.
- التحقق من نظام إمداد المياه الاحتياطي بحثاً عن أي آثار للألوان. وفي حاله ملاحظه أي تسرب يتم فحص نظام السباكة على ان يعاد الفحص مرة أخرى.

4.9.2. بدء التشغيل

- يتم تشغيل جميع مكونات نظام معالجة المياه الرمادية وفقا لتعليمات الشركة المصنعة.
- يتضمن إجراء التشغيل الخطوات التالية:
  - يجب إجراء الفحص البصري للتأكد من أن تركيب نظام المعالجة قد تم وفقا لتصميم النظام ورسومات الشركة المصنعة المعتمدة (العملية والميكانيكية والأجهزة وما إلى ذلك). كما يجب أن تكون جميع العلامات والملصقات مرئية بوضوح كما هو موضح في القسم 4.7
  - يجب التأكد من تركيب جميع المكونات وتشغيلها طبقا للمتطلبات الفنية.
  - يجب التحقق من عمل النظام الهيدروليكي باستخدام مياه الشرب. ويشمل التحقق الهيدروليكي، على سبيل المثال لا الحصر، المكونات التالية:
    - نظام تجميع بواسطة الجاذبية
    - نظام التحويل
    - نظام التجاوز
    - نظام إمدادات المياه الاحتياطي
  - يتم تسجل جميع بيانات العمليات ويتم حفظها.

4.10. مراقبة الأداء بعد التشغيل

- بعد بدء العمل بنظام معالجة المياه الرمادية، يلزم مالك العقار او الجهة المشغلة وضع تدابير محددة لمراقبة الأداء وتوثيقه.
- لضمان جودة المياه الرمادية المعالجة ومناسبتها للاستخدام المقصود. يجب عمل الآتي:
  - مراقبة التدفق (تدفق التغذية وتدفق المياه المعالجة)؛
  - مراقبة جودة المياه الرمادية عند منفذ النظام (نقطة خروج المياه الرمادية من نظام المعالجة).
  - مراقبة جودة المياه الرمادية المعالجة
  - الفحص اليومي لنظام التعقيم عن طريق قياس الكلور الحر في الخزان.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

4.11. التشغيل والصيانة

- يجب اتباع إرشادات التشغيل والصيانة التي يحددها المصمم والصانع أثناء صيانة الأجزاء والمكونات (مثل المرشحات والأغشية والنظم البيولوجية ونظم التعقيم) والمضخات وأجهزة التحكم في المضخات ووحدات التحكم والغسيل لعكسي، وما إلى ذلك.
- حتى مع وجود كمية كافية من الكلور، قد تنمو البكتيريا وبقايا الكائنات في بعض مناطق النظام، مما قد يسبب في خروج الروائح. وللحد من امكانية التلوث، يجب تصريف المياه الرمادية وتنظيف نظام المياه الرمادية دورياً وتطهيره بالماء النقي وفقًا للجدول التالي:

مكونات النظام	التكرار	العمل
التنظيف الذاتي / المرشحات الخشنة	كل 3 أشهر	افحص حالة المرشحات ونظفه إذا لزم الأمر
الأغشية ووسائط الدعم البيولوجي والصفايات	سنويا	تحقق من الحالة ونظفها أو استبدلها إذا لزم الأمر
الغسيل العكسي وإمدادات المياه الاحتياطية	سنويا	تحقق من عملها، تحقق من أن الإمداد يعمل بشكل صحيح وأن الفجوات الهوائية يتم الحفاظ عليها
الخزانات (للمياه المعالجة والمياه الرمادية الخام)	كل 6 أشهر	تحقق للتأكد من عدم وجود تسربات، وعدم تراكم المخلفات، وأن جميع الخزانات مستقرة والأغطية مثبتة بشكل صحيح. يُصفّى ويُنظف ويُطهّر باستخدام هيبوكلوريت الصوديوم
المضخات وأجهزة التحكم بالمضخات	سنويا	تحقق من عدم وجود تسرب أو تآكل ؛ إجراء اختبار تشغيل
الأنابيب	سنويا	تحقق من عدم وجود تسرب، وأن الأنابيب تمنع التسرب
وحدة التحكم	سنويا	تحقق من أن الوحدة تعمل بشكل صحيح، بما في ذلك وظائف الإنذار عند الحاجة
التطهير الكيميائي	شهريا	تحقق من أن أي وحدة الصرف تعمل بشكل صحيح ؛ استبدال الإمدادات الكيميائية إذا لزم الأمر
التطهير بالأشعة فوق البنفسجية	كل 6 أشهر	نظف المصابيح واستبدلها، إذا لزم الأمر
أجهزة الاستشعار، أجهزة مراقبة جودة المياه، الأجهزة ... إلخ.	على النحو الموصى به من قبل الشركة المصنعة	إجراء معايرة منتظمة

جدول 7: تكرار التنظيف والتطهير الدوري لنظام المياه الرمادية

- يتم متابعة نظام معالجة المياه الرمادية من قبل متعهد خدمات معتمد وفقاً لمواصفات الصانع. ويلزم إجراء تفتيش سنوي كحد أدنى.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

4.12. المراقبة الداخلية لضبط جودة المياه الرمادية المعالجة

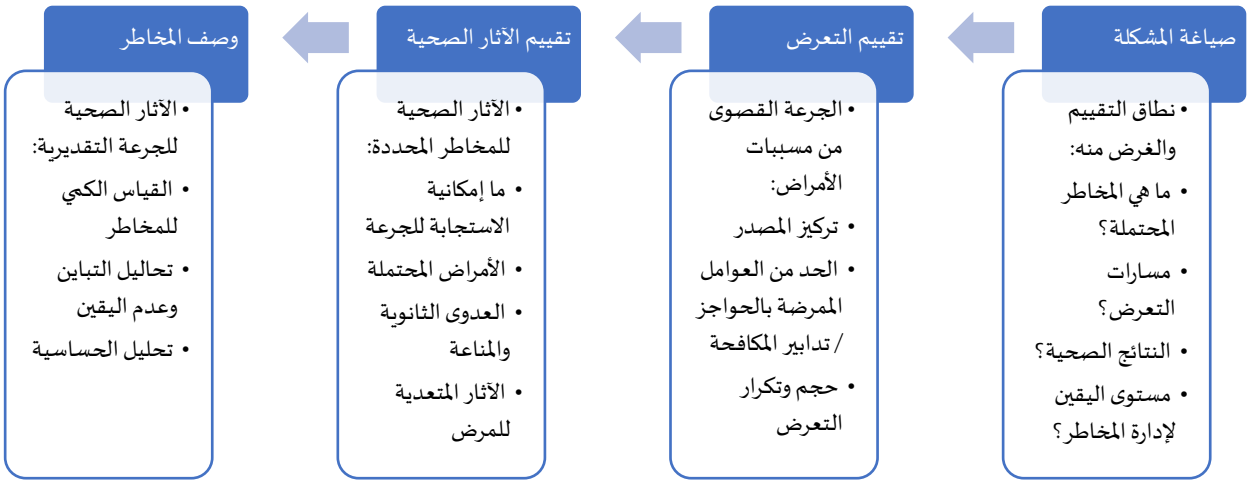
- يجب أن تتم المراقبة المنتظمة لجودة المياه الرمادية المعالجة بدقة وفقا للفترات الواردة في الفقرة 3.3 ، (جدول 4) من هذا الدليل.
- ينبغي اختبار عينات بشكل أكثر تكراراً (أسبوعيا) خلال مرحلة التشغيل. وبعد فترة تجريبية مدتها ثلاثة أشهر، يجب تخفيض مرات التكرار. يجب توثيق كل خلل في جودة المياه الرمادية المعالجة والاحتفاظ بها.
- عندما يتم استخدام المعالجة القائم على الأغشية، يجب على إدارة المبنى تنفيذ برنامج صيانة منتظم ويجب التحقق بشكل دائم من سلامة الأغشية وفقا لتوصيات الشركة المصنعة.
- عندما تظهر أي تقارير عن وجود أمراض قد تكون مرتبطة باستخدام المياه الرمادية المعالجة، فيجب أخذ عينات من المياه لاختبارها.
- وإذا تجاوزت مستويات البكتيريا القيمة الواردة في الفقرة 3.2 ، (جدول 3) يتم وقف استخدام نظام إعادة تدوير المياه الرمادية إلى أن تحل المشكلة.
- إذا كان مستوى إجمالي الكلور الحر لا يلبي متطلبات جودة المياه الرمادية المعالجة كما هو مذكور في الفقرة 3.2 ، (جدول 3)، يتم تعليق استخدام نظام إعادة تدوير المياه الرمادية حتى يتم حل المشكلة.
- عند عدم استيفاء الشروط المذكورة للعوامل الأخرى، الواردة في الفقرة 3.2 ، (جدول 3)، تجرى اختبارات للتحقيق في السبب. وبعد الانتهاء من أعمال الإصلاح، تؤخذ عينة واحدة في كل نقطة من نقاط أخذ العينات (أي في خزان المياه الرمادية المعالج ونقطة الاستخدام) لإعادة اختبار جودة المياه الرمادية المعالجة. إذا كانت المستويات لا تزال غير مستوفية للشروط المذكورة في الفقرة 3.2 ، (جدول 3)، يتم تعليق استخدام نظام إعادة تدوير المياه الرمادية حتى يتم حل المشكلة.
- يتم تصريف جميع المياه الرمادية المعالجة في خزانات التخزين التي لا تفي بالمتطلبات كما هو مذكور في الفقرة 3.2 ، جدول 3 وتصرف مباشرة في نظام الصرف الصحي.

4.13. تقييم المخاطر البيئية والمخاطر على الصحة العامة

- للتأكد مما إذا كان نظام المياه الرمادية آمنا ومناسبا للاستخدام المقصود منه، يجب إجراء تقييم لمخاطر الصحة العامة. كما يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند تقييم المخاطر تصميم نظام المياه الرمادية وتركيبه واختباره وتشغيله وصيانته، بما في ذلك نوعية المياه.
- يجب أن يأخذ تقييم المخاطر في الاعتبار الآثار المحتملة للتعرض للماء في نظام المياه الرمادية وأي عمليات معالجة على:
  - **الأشخاص**، جميع مستخدمي المياه بما في ذلك المشغلين والذين قاموا بتركيب النظام.
  - **البيئة**، بما في ذلك الحيوانات الأليفة والطيور والأسماك والنباتات والمسطحات المائية والمياه الجوفية.
  - **الأصول المادية**، مثل الهياكل ومواد البناء والأثاث الداخلي، والأساسات، ومصارف الأنهار والأسطح المعبدة والحدائق.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

ويمكن اتباع النموذج التالي لتقييم المخاطر:



الشكل 8: نموذج تقييم المخاطر

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

المراجع

1. Guelph، Canada: Rebates for Greywater Reuse and Rainwater Harvest"، Circle City Scan Tool Case Study، 24" March 2021 https://circulars.iclei.org/wp-content/uploads/2021/03/Guelph_ICLEI-Circulars-case-study_Final.pdf
2. "تقييم وإصلاح سياسات وممارسات إعادة إستخدام المياه الرمادية: دراسة حالة من الشارقة، الإمارات العربية المتحدة"، سياسة المياه، المجلد 23، العدد 2، نيسان/أبريل 2021 (https://iwaponline.com/wp/article/23/2/376/80607/Assessment-and-reform-of-greywater-reuse-policies)
3. التعريفة الجمركية 2023 لعام 2023 https://www.addc.ae/en-US/business/Documents/ADDC%20RW%20Utility%20Tariff%20Guide%20V12E.pdf
4. "ما هي الجدوى الاقتصادية لتنفيذ البنية التحتية للمياه الرمادية على مستوى المدينة؟"، جامعة سان فرانسيسكو، 2016 (https://repository.usfca.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1370&context=capstone).
5. "يلجأ المزيد من ملاك المنازل إلى أنظمة المياه الرمادية لإعادة تدوير المياه المستعملة"، صحيفة واشنطن بوست، 28 آذار/مارس 2022 (/https://www.washingtonpost.com/business/2022/03/28/greywater-home-water-recycling-systems)
6. "إعادة تدوير المياه الرمادية وإعادة إستخدامها في ألبرتا"، 21 ،Alberta WaterSMART آذار/مارس 2011 (https://watersmartsolutions.ca/wp-content/uploads/2018/08/Greywater-Recycling-and-Reuse-in-Alberta-2011.pdf)
7. دور إعادة إستخدام المياه لتعزيز الإدارة المتكاملة للمياه في أوروبا ودول البحر الأبيض المتوسط، فبراير 2001 علوم وتكنولوجيا المياه 43(10):25-33، DOI:10.2166/wst.2001.0571، المصدر: PubMed، المؤلفون: فالنتينا لازاروفا، مستشارة مستقلة: ب ليفين، ج ساك، جوزيبي لويجي سيريلي، جامعة كاتانيا
8. Technical Guide for Greywater Recycling 1 st Edition: V2-Sep 2014، Public Utility Board، Singapore
9. المواصفات الفنية لإعادة إستخدام المياه الرمادية وجمع مياه الأمطار في الطبعة الأولى، إدارة إمدادات المياه في مايو 2015، هونغ كونغ.
10. المبادئ التوجيهية لإعادة إستخدام المياه مكتب إدارة مياه الصرف الصحي التابع لوكالة حماية البيئة الأمريكية واشنطن العاصمة USEPA 2012
11. المبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية بشأن الاستخدام الآمن للمياه المستعملة والإكسورات والمياه الرمادية، المجلد 4، 2006
12. Nanofiltration for water and wastewater treatment – a mini review H. K. Shon1 , S. Phuntsho1 , D. S. Chaudhary1 , S. Vigneswaran1 , and J. Cho2 1School of Civil and Environmental Engineering, University of Technology, Sydney (UTS), P.O. Box 129, Broadway, NSW 2007, Australia 2Department of Civil and Environmental Engineering, Yonsei University, Yonsei-ro 50, Seodaemun-gu, Seoul 120-749, Korea Correspondence to: H. K. Shon (hokyong.shon-1@uts.edu.au) Received: 19 February 2013 – Published in Drink. Water Eng. Sci. Discuss.: 13 March 2013 Revised: 26 April 2013 – Accepted: 8 May 2013 – Published: 5 June 2013
13. كود البناء السعودي، SBC701 نظام التمديدات الصحية.

حقوق النشر والطبع محفوظة للمركز الوطني لكفاءة وترشيد المياه (مائي) – الإصدار الأول

المركـــز الوطـــني
لكفاءة وترشيد المياه
NATIONAL WATER EFFICIENCY
AND CONSERVATION CENTER
MAEE مائي